كتابك

٦٠

د. فرخندة حسن

كوكب الأرض



دار المعارف

اقرأ ٦٠

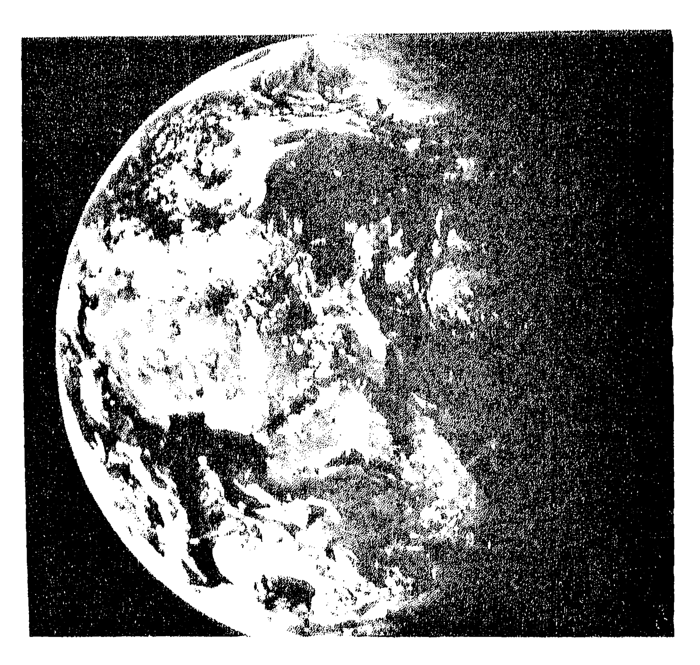
رئيس التحرير أنيس منصور

د . فرخندة حسن

كوكب الأرض



الناشر : دار المعارف - ١١١٩ كورنيش النيل - القاهرة ج . م . ع .

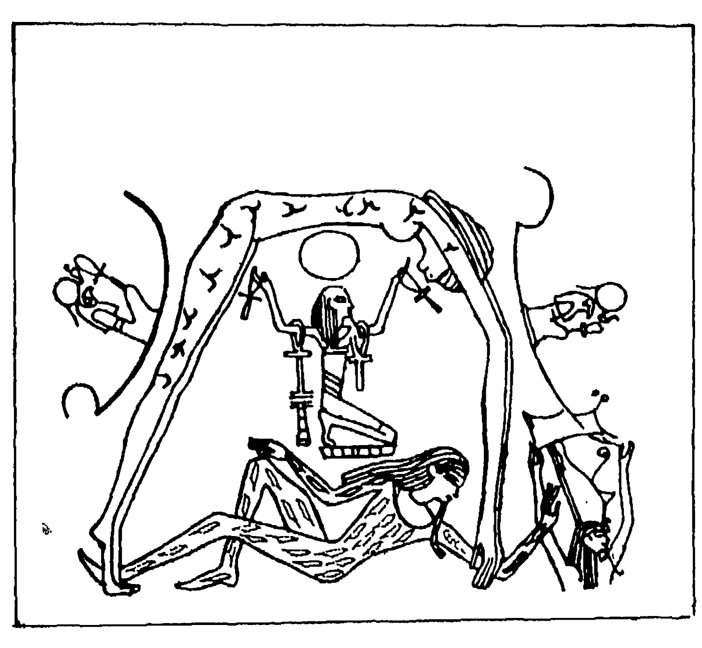


كوكب الأرض

كوكب الأرض

نعيش على سطح كوكب صغير ضمن آلاف البلايين من الكواكب المعلقة بطريقة ما فى هذا الكون اللانهائى ، ونسميه كوكب الأرض . . وقد تصور الإنسان شكل الأرض وقدر وزنها وعرف سر حركتها المنتظمة الدائمة ، وتركيبها ومكوناتها ، وعلاقاتها بالأجسام السماوية الأخرى ، وأصبح لديه حصيلة من المعرفة بدأ يجمعها منذ عهد المصريون القدماء (شكل رقم ١) .

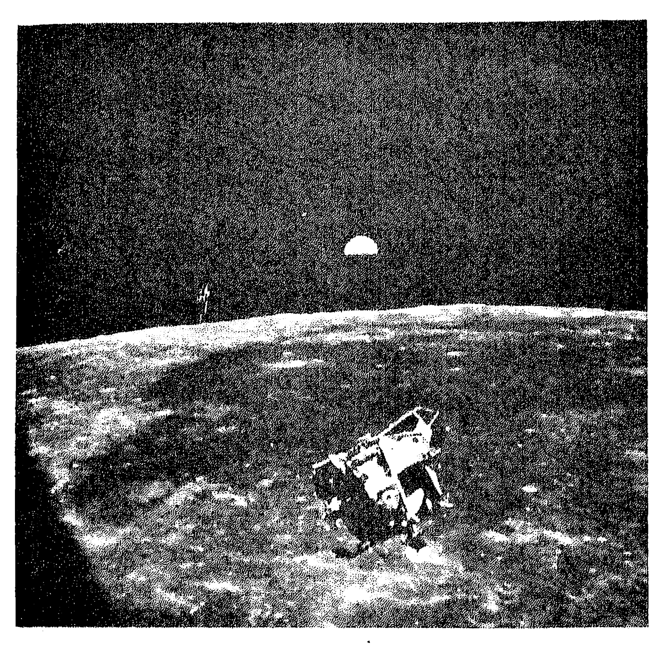
ولم يأل الإنسان جهداً طوال هذه السنين فى تهيئة الوسائل التى تمكنه من جمع هذه المعلومات عن أرضه التى يعيش عليها ، وتخير السبل التى تشبع رغبته فى ذلك . وما زال إلى الآن يوجه كل طاقاته العلمية ويستغلها فى هذا الاتجاه ، فسبح فى الفضاء وغاص فى قاع المحيط . . ولم يصل إلى كل غايته بعد . ولكن يمكننا القول إن الإنسان قد نجح فعلا بصورة قاطعة فى إثبات بعض من نظرياته القديمة بالنسبة لشكل الأرض فعلا ، حين صورها بنفسه من سفن الفضاء وبدت لكل عين وهى فعلا كما تخيلها كرة معلقة فى السماء (شكل رقم ٢) كذلك عرف الإنسان وزن الأرض وقدره بحوالى ٦ × ١٠ ^{٢٤} كيلوجراماً وحسب كثافتها بحوالى ٥,٥٢ جم / سم^{٣} ومتوسط قطرها بحوالى ٦٣٧١ كيلومتراً وتمكن من



(شكل رقم ١)

الإله كب . . إله الأرض عند قدماء المصريين

تصور المصريون القدماء إله الأرض كب راقداً ومغطى بأوراق الشجر رمز الخضرة والنماء وتحنو عليه آلهة السماء بنجومها . ويبدو إله الشمس قادماً كل يوم من عالم الدفء والحياة يخترق السماء بمركبته إلى عالم الظلمات .



(شكل رقم ٢)
وتشرق الأرض على سطح القمر
(هكذا بدت الأرض لرواد القمر)

قياس محيطها الاستوائى وهو حوالى أربعين ألفاً من الكيلومترات وتمكن كذلك من حساب وقياس مدار قمرها الوحيد بدقة متناهية مكنته من الهبوط فوق سطحه عندما يريد فى المكان الذى يريده تماماً .

ونظراً لأن حياتنا مرتبطة كل الارتباط بهذه الأرض ، فعلى سطحها نعيش حياتنا الطبيعية ، ونستمد منها غذاءنا وثرواتنا المعدنية وخاماتنا الطبيعية والطاقة اللازمة لكل مرفق من مرافق الحياة ، فليس بعجيب إذن أن تثير فضولنا ونستمر فى محاولاتنا لمعرفة ما هى هذه الأرض . .

ما هى هذه الأرض ؟

من المنطقى قبل أن نبدأ بالإجابة عن هذا السؤال أن نسأل أنفسنا . . أين هى هذه الأرض ؟ وما هو موقعها بالنسبة لباقى أفراد المجموعة التى تنتمى إليها ؟ ؟ فالأرض هى الكوكب الثالث ضمن تسعة كواكب أخرى تدور حول نجم ذهبى متوسط الحجم نسميه الشمس ، وتكون مجموعة محلية من الأجسام السماوية تعرف بالمجموعة الشمسية التى تضم بجانب هذه الكواكب التسعة ٣١ قمرًا وأعداداً لا حصر لها من بقايا كوكب متفجر تسمى بالنيازك . . وعدداً غير معروف من الشهب . هذه المجموعة الشمسية تنتمى بدورها إلى تجمع نجمى هائل يضم حوالى مائة بليون نجم ويسمى طريق أو درب اللبن ، وهو أحد التجمعات النجمية التى يتكون منها الكون بأكمله ، وتعرف بالأجرام السماوية . . ونحن لا نعرف إلى

الآن بالتحديد كم من الكواكب الشبيهة بالأرض فى هذا الكون ، ولكن بما أن هناك حوالى مائة بليون نجم على الأقل مثل الشمس فى درب اللبن وأن هناك على الأقل بليوناً من هذه الأجرام السماوية . . فيمكننا القول إن الأرض ما هى إلا كوكب صغير ضمن آلاف البلايين من الكواكب فى هذا الكون ، إلا أن وجود مظاهر الحياة عليه هذه وخاصة هذا المخلوق الحاد الذكاء . . وهو الإنسان . . أصبحت كوكباً لا يمكن تغافله .

نشأة الأرض وأصل المجموعة الشمسية :

من المتفق عليه عامة أن أصل المجموعة الشمسية واحد بالرغم من اختلاف العلماء فى تفسيرهم للظواهر الطبيعية التى أتاحت الوجود لهذه المجموعة . . ولنعد إلى الوراء حتى عام ١٦٤٤ ، حين اعتقد رينيه ديكارت أن الكواكب تكثفت من سحابة كونية هائلة تحيط بالشمس ، واقتنع الناس بآرائه لمدة قرن من الزمان تقريباً ، إلى أن جاء الكونت دوبوفون بنظرية مغايرة تماماً — وهى أن المجموعة الشمسية تكونت نتيجة لتصادم شمسنا بجسم سماوى آخر فتناثرت بعض مواده فى الفضاء فبردت وكونت هذه الكواكب . . وتتوالى النظريات التى تتعلق بأصل المجموعة الشمسية وتختلف جميعها فى مقوماتها ومضمونها ، ولكن يمكننا ببعض التجاوز تقسيم هذه النظريات إلى مجموعتين : مجموعة نظريات الجسم الواحد ، وتؤمن أن المجموعة الشمسية فى تكوينها لم تتأثر بمؤثر أو عامل

خارجى ، بل نشأت نتيجة انفصال مواد متوهجة من الشمس وتناثرت فى الفضاء بعيدًا عنها ، وإن كانت لم تخرج عن نطاقها ، فدارت حولها وبردت ببطء وكونت الكواكب ، والأخرى مجموعة نظريات الجسم الآخر ، وهى نظريات تؤمن بأن نشأة المجموعة الشمسية لا بد أنها كانت نتيجة لتدخل عوامل خارجية أو أجسام فضائية أخرى غير الشمس ارتطمت بها فتناثرت موادها وبردت ببطء وكونت الكواكب بشكلها الحالى . ومن أهم النظريات الحديثة التى بدأت تجتذب الكثير من المؤيدين هى النظرية التى تعزو نشأة المجموعة الشمسية إلى تكاثف ما سماه العلماء بسحابة من الغبار الكونى ، فى مناطق محدودة متفرقة حول مركز كبير نوعاً ، وازدادت كثافة هذا المركز باستمرار وازداد فيه الضغط فارتفعت درجة حرارته بدرجة كبيرة حتى أتيحت الفرصة لأول تفاعل نووى بالحدوث ، توالت بعده سلسلة من التفاعلات النووية تنطلق منها طاقة ضوئية وحرارية هائلة ، وتحول بذلك إلى نجم متوهج نطلق عليه الشمس . ومضت ذرات الغبار الكونى الأخرى فى التجمع والالتصاق بعضها ببعض مكونة عدة مراكز أخرى صغيرة حول الشمس كانت فيما بعد الكواكب والأقمار . وبذلك نجد أن هذه النظرية تختلف اختلافاً جذريًّا عن النظريات السابقة فى أن الأرض لم تكن ملتهبة وآخذة فى البرودة بل على العكس كانت ذرات غبارية باردة تجمعت وتركزت ثم أخذت فى السخونة . ويمكننا القول عامة ، إنه ليس هناك نظرية واحدة

متكاملة فلكل نظرية ما لها وما عليها ، ولها مؤيدوها ومعارضوها . . وما زال العلماء إلى الآن يعملون جاهدين لمعرفة سر هذا الكون .

بالرغم من اختلاف النظريات عن أصل المجموعة الشمسية ، إلا أن جميعها تتفق فى أن كواكب وأقمار ونيازك المجموعة الشمسية ذات أصل واحد ، سواء انفصلت عن الشمس أو لم تنفصل ، فالكل ينتمى إلى منشأ واحد ، وجاء إلى الوجود فى وقت واحد . فمتى كان ذلك وما هو عمر الأرض ؟ ؟

عمر الأرض

كان الاعتقاد إلى وقت قريب هو أن عمر الأرض من عمر صخورها التي فى متناول أيدينا وهى بالذات صخور الطبقات العليا من القشرة الأرضية . وقد قام العلماء بدراسة مستفيضة لأنواع وطبيعة هذه الصخور المختلفة وما تحتويه من حفريات ، وهى بقايا وآثار الكائنات الحية القديمة مكنتهم من الوصول إلى حقائق كثيرة عن نشأة هذه الصخور وخاصة الصخور الرسوبية وتطور الحياة والمناخ فى طبقاتها المختلفة – القديم منها والحديث – ومختلف البيئات التى دامت على هذه الأرض على مر العصور . . واعتمد الجيولوجيون على تطور وتتابع وجود هذه الحفريات فى طبقات الصخور الرسوبية المتعاقبة وتوصلوا لتقديرات نسبية لعمر الأرض . ولكن لم يكن ممكناً تقدير عمر الحفرية المطلق ، وبالتالى عمر الطبقات التى تحتويها إلا بعد أن لجأ الإنسان إلى الوسائل الحديثة باستخدام المواد المشعة التى بدأ فى استعمالها فى أوائل القرن الحالى فقط ، بعد أن تعلم ما يكفى من الطبيعة النووية وما يمكنه من تطبيقها . . ومن أمثلة هذه المواد المشعة الكربون ١٤ الذى يتكون فى الجو بتأثير الأشعة الكونية على عنصر الكربون الموجود فى غاز ثانى أكسيد الكربون . هذا الكربون ١٤ أو الكربون المشع يتحول

تدريجياً إلى نتروجين ويفقد نصف مخزونه بالضبط فى فترة تقدر بحوالى ٥٧٣٠ سنة ويصفها العلماء بنصف الحياة . وحيث إن البروتوبلازم الذى تتكون منه الخلية الحية سواء فى الحيوان أو النبات يحتوى على عنصر الكربون بنظيرته الكربون ١٤ المشع والكربون ١٢ غير المشع بنسب معروفة ، يستطيع المختص بقياسات دقيقة ، أن يقارن بين كمية الكربون المشع الباقية فى حفرية ما مثلا بكمية الكربون غير المشع ويحسب كم من الوقت الذى يكون قد مضى على هذه الحفرية منذ توقفت الحياة فيها . . فمثلا فى ال ٥٧٣٠ سنة القادمة فى حالة لحيوان مات حديثاً ستختفى من بقاياه نصف كمية الكربون المشع ، وفى الـ ٥٧٣٠ سنة التى تليها سيختفى نصف المتبقى وهكذا . . حتى يختفى تماماً . ويمكن فى أى مرحلة من هذه المراحل حساب عدد السنين التى مرت وتحديد عمر الحفرية .

ومن المعروف أن استعمال الكربون المشع محدود فهو يستعمل فقط فى تحديد عمر المواد التى تحتوى على عنصر الكربون أو التى لا يزيد عمرها على حوالى ٥٧٠٠ سنة ، أما التى يزيد عمرها على ذلك أو التى لا تحتوى على عنصر الكربون فينتقى لها العلماء المادة المشعة المناسبة . ويعتقد الجيولوجيون أن أنسب المواد المشعة استعمالا لقياس عمر الأرض هو اليورانيوم الذى يتحول بمرور العصور إلى رصاص وهيليوم ونصف حياته يقدر بحوالى ٤,٥ بلايين سنة . ووصل هؤلاء إلى أن أطول صخور الأرض عمراً هى صخور تعرف بصخور النايس المتحولة فى دودوما فى تنزانيا ،

وقدروا لها عمرًا يقرب من ٣,٦ ملايين سنة . ولكن هذا لا يعنى أن عمر الأرض هو ٣,٦ بلايين سنة فقط . . إذ من المعروف أن صخور النايس هذه كانت فى الأصل صخورا جرانيتية تعرضت لضغط مصحوب بحرارة مرتفعة وتحولت إلى صخور النايس ، ومعنى ذلك أن هنالك حقبة من الزمن لا نعلم عنها شيئاً مرت قبل وفى أثناء تكوين القشرة الأرضية . . ومعنى ذلك أيضاً أنه حتى بهذه الوسيلة لم نتمكن من معرفة عمر الأرض . . فما هى إذن الوسيلة لمعرفة عمر الأرض ؟ ؟

لم يتمكن العلماء من الوصول إلى حقيقة عمر الأرض إلا بتحديد عمر النيازك ، بعد أن أصبح من المؤكد أن النيازك والكواكب وباقى أفراد المجموعة الشمسية جاءت إلى الوجود فى وقت واحد . . وباستعمال المواد المشعة ثبت أن عمر هذه النيازك هو حوالى ٤,٥ بلايين سنة . فعمر الأرض إذن هو ٤,٥ بلايين سنة . وإذا كان عمر أقدم صخور القشرة التى أمكننا الحصول عليها هو ٣,٦ بلايين سنة ، معنى ذلك أن الأرض أخذت حوالى البليون سنة حتى بردت وتمكنت من تكوين قشرتها التى نعيش عليها بصورتها الحالية . فكيف تم ذلك ؟ ؟ . . قبل أن نبدأ فى الإجابة عن هذا السؤال يحسن بنا أن نعرف شيئاً عن ما هية هذه النيازك ؟ ؟

النيـــــــازك

قبل أن يحصل الإنسان على عينات من القمر كانت النيازك هى العينات الوحيدة التى تجىء إليه من الفضاء . ويعتقد أغلبية العلماء أن هذه النيازك ما هى إلا بقايا كوكب مثل الأرض انفجر منذ زمن بعيد تدور فى مدار حول الشمس وتتناثر باستمرار وتتساقط على أسطح الكواكب والأقمار المحيطة بها . ويعتقد فريق آخر أنها قد تكون مخلفات المواد الأولية والأتربة الكونية التى تم منها تكوين مجموعتنا الشمسية . وتنال الأرض نصيبها من هذه النيازك حين تهوى محترقة لغلافنا الجوى بسرعة شديدة على شكل كرات ملتهبة قد ترتطم بسطح الأرض بفعل الجاذبية الأرضية إذا لم يتم احتراقها وتبخرها عن آخرها فى الهواء . وتختلف النيازك التى تصل إلى الأرض فى أحجامها وفى نوعيتها ، فهناك النيازك الكبيرة وهى قليلة فى العدد حيث إنه باحتكاكها بجزيئات الهواء تزداد حرارتها بدرجة كبيرة فتحترق أو تنفجر وتتفتت وتسقط على الأرض فى أحجام صغيرة قد تصل إلى حجم حبة القمح أو ذرات الأتربة . . ولكن قليلا ما يحدث أن تسقط بعض هذه النيازك الكبيرة الحجم وتسبب أضرارًا جسيمة ، ومن أمثلتها ذلك النيزك الذى سقط فى أريزونا وكون فوهة كبيرة شبيهة بفوهة

البركان عرضها حوالى ٤١٠٠ قدم وعمقها حوالى ٦٠٠ قدم ، والنيزك الذى سقط فى سيبيريا عام ١٩٠٨ حيث أحرق جزءاً من غابة كبيرة مساحته حوالى ٤٠ ميلا مربعا . ويقدر العلماء كمية النيازك على اختلاف أحجامها التى تسقط على الأرض بحوالى مليون طن فى السنة .

ويمكننا تقسيم النيازك من حيث مكوناتها إلى نوعين : النيازك الصخرية وتتكون من سليكات الحديد والمغنيسيوم وهى تشبه إلى حد كبير صخور الأرض ، والنيازك المعدنية هى عبارة عن سبائك من الحديد والنيكل بنسب متفاوتة يشبهها العلماء بما قد يكون عليه باطن الأرض . وهناك أنواع من النيازك تكون فيها نسبة المكونات المعدنية إلى الصخرية متساوية تقريباً .

ويلجأ العلماء دائماً إلى مقارنة الأرض بالنيازك ، ليس فى عملية تقدير العمر فحسب بل فى تركيبها الخارجى والداخلى أيضاً . ويستندون فى ذلك إلى أنه بما أن هذه النيازك هى بقايا كوكب تفجر ، فبقاياه المبعثرة هذه عبارة عن عينات من سطحه وباطنه . . وبما أن هذا الكوكب ضمن المجموعة الشمسية التى تتشابه فى التركيب الكيميائى وطبيعة صخورها ، فكأننا لدينا عينات من مختلف طبقات الأرض سواء الخارجية أو الداخلية وإن لم تكن مثلها تماماً فهى على الأقل قريبة الشبه منها إلى حد كبير . ولذلك كانت لدراسة النيازك هذه أهمية بالغة . وفعلا كان لها أكبر الأثر فى تفهم الكثير عن الأرض وتطورها .

تطور الأرض

منذ أن انفصلت الأرض وكونت لنفسها نظاماً خاصًا بها وهى تدور حول الشمس . . وبصرف النظر عن أى من النظريات الخاصة بنشأتها فهى الصحيحة سواء كانت ملتهبة أصلا وقت انفصالها عن الشمس وأخذت فى البرودة أو بدأت باردة ثم التهبت بعد ذلك ، فلقد مرت أرضنا هذه بفترة كانت موادها كلها مختلطة وفى حالة سائلة . . وفى دورانها حول نفسها وحول الشمس مرت بها عدة عمليات شبهها العلماء بعمليات تصنيع المعادن ، كتصنيع خام الحديد مثلا ، حيث يخلط الخام وهو أكسيد الحديد الطبيعى بالحجر الجيرى وبالتسخين فى الأفران يتفاضل إلى ثلاثة أوساط تختلف فى كثافتها فيتجمع أقلها كثافة فى أعلى الصهير وأكثرها كثافة فى أسفله . كذلك مواد الأرض المصهورة تتفاضل إلى ثلاثة أوساط مختلفة الكثافة ، وبتأثير الجاذبية عليها ترتب هذه الأوساط نفسها بحيث يتجه الوسط المعدنى وهو أكثرها كثافة ويتجمع فى المركز ، أما الوسط الصخرى المكون من سليكات العناصر المختلفة وهو أقلها كثافة فيطفو على السطح وفيما بينهما الوسط المتوسط الكثافة .

وأخذت حرارة الأرض فى الانخفاض نوعاً وبدأت مكوناتها فى

التحول من حالة السيولة إلى حالة الصلابة ، وأول ما يتجمد بالطبع هو الطبقة الخارجية مكونة قشرة رقيقة فى أول الأمر تخفى باقيها الملتهب السائل . . وفى هذه المرحلة أخذت الأرض تنفث مختلف الغازات والأبخرة كثانى أكسيد الكربون والميثان وبخار الماء وتلفظ بعضاً من صهيرها الملتهب خلال الشقوق والثقوب ونقاط الضعف الموجودة فى هذه القشرة الرقيقة على نحو ما تعارفنا عليه وسميناه بالثورات البركانية . . تجمعت الغازات مكونة لطبقة كثيفة تغلف الأرض أطلق عليها العلماء صفة الغلاف الجوى البدائى . وما لبث أن تكثف بعض هذه الغازات والأبخرة وسقط على صورة أمطار وسيول غزيرة كونت بحيرات صغيرة سرعان ما تحولت إلى محيطات شاسعة غمرت المناطق المنخفضة فقط تاركة الأجزاء المرتفعة نوعا مكونة لما نعرفه جميعاً بالقارات * واستمرت حرارة الأرض فى الانخفاض ، وما لبثت أن تحول معظم مكوناتها إلى الحالة الصلبة تدريجيًّا محتفظة بتوزيعها الذى سبق ذكره ، فكانت القشرة وهى أقل هذه الأوساط كثافة إلى الخارج والمركز وهو أكثرها كثافة إلى الداخل . وفيما بينهما كان الغلاف .

وبدراسة عينات من النيازك المختلفة التركيب والكثافة ، رجحت كفة نظرية تفاضل الأرض إلى ثلاث مناطق رئيسية ، إلا أنه بتطور

---

* وكان تركيب مياه المحيطات هذه يختلف عما هو عليه الآن ولهذا أهمية بالغة كما سنرى فيما بعد عندما نتعرض لنشأة الحياة على الأرض .

العلوم الجيوفيزيقية وخاصة ذلك الفرع منها المعروف بعلم الهزات الأرضية أو الزلازل تمكن العلماء بوساطته من إثبات صحة هذه النظرية وأصبح لدينا الآن نموذج واضح لما يمكن أن يكون عليه التركيب الداخلى للأرض .

ماذا هناك فى باطن الأرض ؟ وكيف نتعرف عليه ؟ ؟

كان باطن الأرض سرًّا مغلقاً أثار فضول الإنسان ورعبه من قديم الأزل وتصوره بأشكال كثيرة وأطلق عليه فى خرافاته عالم ما تحت الأرض . . ومع كل تطور التكنولوجيا الحديثة مازال الإنسان إلى الآن عاجزاً عن رؤية باطن الأرض هذا أو تصويره أو الحصول على عينات منه بالرغم من استطاعته رؤية سطح القمر والكواكب الأخرى وحصوله على عينات منه . .

ولقد كان لتطور علم الزلازل والهزات الأرضية – وهو فرع من أفرع علم الجيولوجيا الفيزيقية – والذى يهتم بدراسة طبيعة الهزات الأرضية والموجات الزلزالية التى تصاحب هذه الهزات ، بالغ الأثر فى نجاح محاولات الإنسان لمعرفة سر التركيب الداخلى لهذه الأرض . .

توصل العلماء إلى أن الموجات التى تصدر من مركز أو بؤرة الزلزال مختلفة الأنواع وتمكنوا بدراستهم المستفيضة للزلازل الطبيعية من تحديد مسار وسرعة كل نوع من هذه الموجات فى مختلف أنواع الصخور

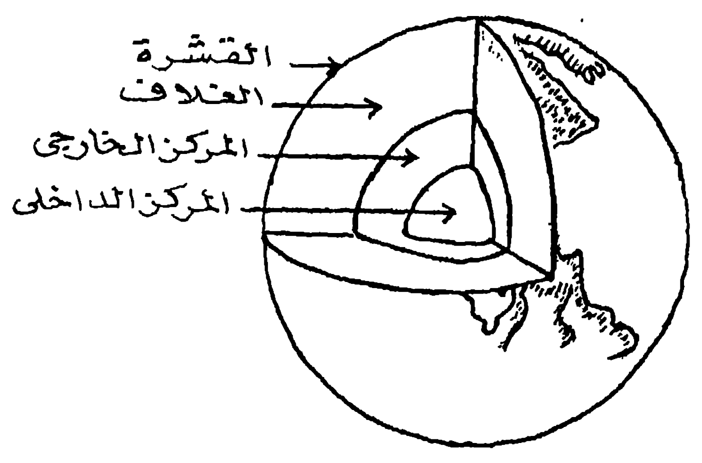
والأوساط المادية عموما سواء كانت على اليابسة أو تحت الماء . فهناك أنواع ثلاثة من هذه الموجات الزلزالية : النوع الأول منها يسمى بالموجات الأولية وأطلق عليها هذا الاسم لأنها أول ما يصل إلى أماكن الرصد ، إذ أنها أكثرها سرعة ، وتقدر سرعتها فى القشرة الأرضية من ٦ إلى ٦,٧ كيلو مترات فى الثانية . وتختلف سرعتها باختلاف كثافة وصلادة المادة التى تمر فيها وهى أسرع فى الأجسام الأكثر صلادة وقد تصل سرعتها إلى حوالى ٨,٥ كيلومترات فى الثانية ، والنوع الثانى يعرف بالموجات الثانوية وهى أقل سرعة من الموجات الأولية وتقدر سرعتها بحوالى ثلثى سرعة الموجات الأولية وتسرى فى الأجسام الصلبة فقط بعكس الموجات الأولية التى تخترق الأجسام الصلبة والسائلة . والنوع الثالث والأخير يعرف بالموجات السطحية وهى تسرى بسرعة أقل من سابقتيها وقد سجلت هذه الموجات فى طبقات القشرة السطحية فقط ، ولذلك سميت باسمها .

هناك أجهزة علمية دقيقة لقياس هذه الموجات التى تنطلق وقت الزلزال وتقوم بعمليات الرصد محطات خاصة منتشرة فى جميع أنحاء العالم ، ويتبادل المعلومات تمكن العلماء من عدة أشياء : أولا — معرفة العمق الذى تصدر منه هذه الزلازل وقدروه بحوالى ٦٠ كيلومتراً تحت السطح ، وإن كان هناك بعض الزلازل التى تصدر من مراكز أكثر عمقاً ، ثانياً — تمكن العلماء من متابعة تغيير سرعة سريان هذه الموجات بالضبط فى الطبقات والمناطق المختلفة — الشىء الذى يؤدى إلى انعكاساتها

وانكساراتها – وحلل العلماء هذه المعلومات تحليلا دقيقاً ورسموا مسارات هذه الموجات بأنواعها بكل ما لاحظوه من انكسارات وانعكاسات ، ومؤدى هذا الرسم أنه خريطة لنوعية الأوساط والطبقات والمناطق المختلفة فى باطن الأرض ، ولذلك اعتبر العلماء علم الموجات الزلزالية بمثابة الأشعة التى كشفت عن التركيب الداخلى للأرض كما تكشف الأشعة السينية عن التركيب الداخلى لجسم الإنسان . ولا يعتمد العلماء على الزلازل الطبيعية فقط ، بل تمكنوا من إحداث الزلازل الصناعية ودراسة موجاتها وقياسها وتمكنوا من الوصول إلى نموذج التركيب الداخلى للأرض فهو وإن لم يكن مطابقاً للحقيقة فهو قريب جدًّا منها .

التركيب الداخلى للأرض :

تتكون الأرض من عدة طبقات متتالية كما هو مبين (بالشكل رقم ٣) الطبقة الرقيقة العليا هى القشرة الأرضية . على سطح هذه القشرة الأرضية نعيش حياتنا الطبيعية ونستمد منها غذاءنا وثرواتنا المعدنية وخاماتنا الطبيعية والطاقة اللازمة لكل مرافق الحياة . هذه القشرة وإن كانت تبدو متجانسة إلا أنها فى الواقع ليست كذلك ، فهى تتكون من طبقات تختلف فى تركيبها الكيميائى وطبيعتها عمومًا ، وتختلف فى السمك من منطقة إلى أخرى ، فهى أقل سمكا تحت المحيطات وأكثر سمكا تحت الجبال ، وإن كان متوسط سمكها يقدر بحوالى ٣٥ كيلومتراً ، إلا أنه من



(شكل رقم ٣)
التركيب الداخلى لكوكب الأرض

المستحسن أن نعرف أنه تحت جبال الهمالايا مثلا يصل إلى حوالى ٧٠ كيلومتراً فى حين أنه قد يصل تحت مياه المحيطات إلى ١٠ أو ١٢ كيلومتراً فقط .

تلى القشرة طبقة مختلفة تماماً فى الكثافة والصلابة ، وتسمى بالغلاف ويفصل الغلاف عن القشرة الأرضية حاجز وهمى يسمى حاجز موهورفيزيك . ويمكننا اعتباره كسطح انفصال وهمى . ويعتقد العلماء أن التركيب الكيميائى لصخور الغلاف أشبه بالتركيب الكيميائى لصخور القشرة ، إلا أنها فى الغلاف غنية بعناصر المغنيسيوم والسليكون ، وأن السبب فى زيادة الكثافة والصلادة التى سببت انحراف مسار الموجات

الزلزالية تكوينى أكثر منه كيميائيًّا ، حيث إنه بازدياد الضغط والحرارة بازدياد العمق يتغير التركيب البلورى لمعادنها ومكوناتها . ولكن بعض العلماء يعتقد في وجود تغيير كيميائى واضح ، وإلى الآن مازال هذا السؤال مطروحاً وليس له إجابة واحدة أكيدة . . ولذلك يمسك العلماء المعتدلون العصا من الوسط ويعتقدون فى وجود اختلاف بين القشرة والغلاف فى الطبقات الطبيعية والكيميائية معاً . ويقدر سمك الغلاف بحوالى ٣٩٥٠ كيلومتراً وهو غير متجانس بتاتا . فهناك مناطق تختلف فيها الكثافة ودرجة الصلادة بينها وبين بعضها ويمكن تقسيمه إلى ثلاث طبقات هى الغلاف العلوى والمتوسط والسفلى . . وتقدر كثافة الغلاف العلوى بحوالى ٣,٣ جم / سم٣ وتزداد إلى حوالى ٥,٥ جم / سم^{٣} للغلاف السفلى . . يلى الغلاف طبقة تزداد فيها الكثافة فجأة إلى حوالى ٩,٥ جم / سم^{٣} وإن كانت تنعدم فيها الصلابة بدليل عدم سماحها لمرور الموجات الثانوية . واستنتج العلماء أن هذا الجزء أقرب إلى السيولة منه إلى الصلابة ، ويتكون من الحديد والنيكل وقد يحتوى على عناصر أخرى أطلقوا عليه مركز الأرض الخارجى . ولطبيعة تكوين المركز الخارجى أهمية قصوى . فلقد أثبتت النظريات الجديدة أنه لولا كونه سائلاً من الحديد والنيكل لما كان للأرض مجالها المغنطيسى المعروف ، ولاختلت حركتها حول نفسها وحول الشمس ، وكذلك موازينها عموماً . . أما المركز الداخلى فهو على درجة كبيرة من الصلابة وتسرى فيه الموجات

الأولية بنفس سرعتها فى المواد الصلبة ، وتصل كثافته إلى حوالى ١١,٥ جم / سم[٣] ، ومازال تكوينه المادى سراً ، ففريق يعتقد أنه من الحديد وفريق آخر ينفى وجود الحديد ويعتقد أيضاً أن المركز الداخلى يتكون من الأيدروجين الصلب ولكن للآن كل ما يمكننا تأكيده هو أنه صلب . ويقدر العلماء قطرى المركز الخارجى والداخلى معا بحوالى ٣٤٦٠ كيلومتراً .

هذا بالنسبة لتركيب الأرض الداخلى من الناحية الطبيعية ، أما من ناحية نوعية الصخور وتركيبها الكيميائى فإنها تختلف أيضاً . والتعرف على كيمياء الصخور يبدو وكأنه سهل ، حيث إنه بتحليل الصخور يمكن لنا بمنتهى الدقة تحديد العناصر الكيميائية المكونة لها . ولكن هذا صحيح فقط بالنسبة لصخور القشرة الأرضية والطبقات التى فى متناول أيدينا .

ومن ناحية نوعية الصخور فى كل من هذه الطبقات يمكننا القول ببساطة إن الجزء العلوى من القشرة الأرضية يتكون غالباً من الصخور النارية وبالذات صخور الجرانيت الحامضية وتقل درجة حموضة الصخور كلما ازداد العمق حتى نصل إلى أنواع من الصخور النارية القاعدية كالبازلت ذات الألوان الداكنة السوداء والكثافة العالية . وليس معنى هذا أن القشرة تتكون فقط من الصخور النارية بل هناك القليل نسبياً من الصخور المتحولة كما تغطى الصخور الرسوبية قاع المحيطات والبحار والبحيرات ودلتا الأنهار وما يطلق عليها أحواض الترسيب عموماً .

ويعتقد العلماء أن صخور القشرة الأرضية فى اليابسة تختلف عنها تحت

الماء ، فهى فى اليابسة تتكون من صخور الجرانيت الحامضية تليها صخور البازلت القاعدية ، ويعلو صخور الجرانيت طبقة من الصخور الرسوبية فى حين أنها تحت المحيطات تتكون فقط من الصخور القاعدية أو البازلت التى تغطى مباشرة بالطبقات الرسوبية ، وينعدم وجود الصخور الحمضية الجرانيتية . كذلك نوع البازلت الموجود فى قشرة تحت البحار يختلف من الناحية الكيميائية ونسبة تواجد بعض العناصر الكيميائية كنسبة الكلسيوم إلى الصوديوم مثلاً عنه فى قشرة اليابسة . ولقد توصل العلماء إلى ذلك بفحص عينات من الصخور التى تقذف بها البراكين فى ثوراتها ، فبراكين ما تحت المحيطات أتت وقت ثورتها بصهير الصخور القاعدية من أسفل القشرة الأرضية ، وحللها العلماء واستطاعوا معرفة الفرق بينها وبين مثيلاتها على اليابسة .

وهنا يمكن أن نقف قليلا لنسأل إذا كانت براكين اليابسة تقذف بحمم وصخور تختلف عما تقذفه براكين المحيطات ، فما شأن البراكين التى بين اليابسة والماء . . أى بالقرب من حواف القارات ولكن تحت الماء ؟؟ . وجد العلماء أن الأنشطة البركانية هذه تأتى لنا بصخور خواصها خليط من صفات الصخور القاعدية والصخور الحمضية ، وتسمى صخور الأنديست . وهذا مما يثبت صحة الملاحظات السابقة .

صخور الأرض ومعادنها :

تعتبر الصخور هى السجل الذى نعتمد عليه فى معرفة تاريخ أرضنا التى نعيش عليها ، وهذه الصخور ما هى إلا مجموعات متباينة من المعادن الأرضية تختلف فى نسب تواجدها وحجم بلوراتها ، وتستعمل كلمة المعادن هنا بمعنى يختلف عما تعودنا عليه ، فالتعريف الصحيح لها هو أنها عناصر أو مركبات كيميائية غير عضوية توجد فى الطبيعة فى حالة صلبة وعلى هيئة بللورات . وتختلف المعادن الأرضية من حيث تركيبها الكيميائى وخواصها الطبيعية والميكانيكية اختلافا كبيرا . وقد تكون على صورة عناصر طبيعية منفردة مثل الماس والفضة والذهب والحديد والكبريت ، أو على صورة أكاسيد مثل الكوارتز وهى ثانى أكسيد السليكون والهماتيت وهو أكسيد الحديد أو كبريتيدات مثل الجالينا وهى كبريتيد الرصاص ، أو هاليدات مثل حجر الملح وهو ملح الطعام ، أو كربونات مثل الكالسيت وهو كربونات الكلسيوم ، أو كبريتات مثل الجبس وهو كبريتات الكلسيوم ، أو الفوسفات - مثل الأباتيت وهو فوسفات الكلسيوم ، أو السليكات . وهذه المجموعة الأخيرة أكثر المعادن تواجداً فى الصخور بأنواعها ، وتعتبر أهم مكونات القشرة الأرضية ، أى أنه يمكن القول تجاوزاً إن التركيب الكيميائى للقشرة الأرضية أساساً ما هو إلا سليكات ، وإن كان هناك بعض المركبات الأخرى كالفوسفات

والكربونات إلا أن نسبتها إلى هذه السليكات ضئيلة للغاية .

وتنقسم صخور الأرض عموماً إلى ثلاثة أنواع رئيسية : هى الصخور النارية والرسوبية والمتحولة . ومن الأفضل أن نتعرف على العلاقة التى تربط بين هذه الأنواع الثلاثة . فالصخور النارية هى الأصل ومنها يتكون باقى أنواع الصخور وقد أطلق عليها اسم الصخور النارية لأنها كانت فى أول نشأتها صهيراً ملتهباً يعرف بالماجما السائلة فى باطن الأرض ، وتكونت نتيجة لعملية بلورة هذه الماجما السائلة وتحولها إلى مادة صلبة بانخفاض درجة حرارتها ، وقد تتم عملية البلورة هذه ببطء شديد داخل باطن الأرض ، فيكون حجم البلورات المعدنية المتكونة كبيراً كما فى صخور الجرانيت أو تتم بسرعة شديدة خلال الأنشطة البركانية مثلاً حيث تتدفق الصخور السائلة أحياناً فى البحر فتبرد بسرعة شديدة فلا تتاح الفرصة لهذه البلورات بالنمو ، فتكون إما صغيرة للغاية أولا تتكون بالمرة فتنتج عنها مادة زجاجية غير متبلورة إطلاقاً .

أما الصخور الرسوبية فتبدأ قصتها منذ الوقت الذى تبدأ فيه عوامل التعرية الكيميائية والطبيعية والميكانيكية كالماء والهواء فى نحت وتفتيت الصخور الصلبة ثم يأتى دور الأنهار والرياح وتيارات المحيطات فى عملية نقل هذه المواد المتفتتة إلى أماكن الترسيب حيث تترسب ثم تتحول إلى صخور رسوبية خلال عملية تعرف بعملية التصلد . وعملية التصلد هذه قد تتم بوساطة التحام حبيبات الصخور ببعضها نتيجة لتسرب

المياه المحيطة بهذه الحبيبات تاركة رواسب معدنية تقوم بوظيفة اللحام هذه أو تتم نتيجة لضغط الطبقات التى تعلوها ، فتتحول إلى كتلة متماسكة صلبة . وتتميز الصخور الرسوبية ببعض الصفات وتختلف فى ذلك كثيراً عن باقى أنواع الصخور ، فهى عادة على شكل طبقات متتالية وتحتوى على الحفريات وهى بقايا وآثار الكائنات الحية ، سواء الحيوانية أو النباتية المتحجرة .

ولا تقتصر الصخور الرسوبية على هذا النوع الناتج من العوامل الميكانيكية كالتفتيت السابق ذكره ، بل قد تترسب نتيجة لتبخر السوائل كمياه البحيرات تاركة الأملاح الذائبة مثل الهاليت (ملح الطعام) وغيره من الأملاح ، أو نتيجة تكوين راسب كيميائى كراسب كربونات الكلسيوم مثلاً (الكالسيت) وهو أهم مكونات الحجر الجيرى الكيميائى . وأحياناً تتداخل الكائنات الحية فى عملية ترسيب الحجر الجيرى فيطلق عليه حجر جيرى عضوى ولعل تلال المقطم هى أقرب مثال لنا ، حيث تكون الحجر الجيرى من تراكم البقايا الصلبة وأصداف الكائنات البحرية التى يمكننا رؤية بعضها بالعين المجردة إذا فحصنا بدقة بعض العينات . . وتراكم المواد العضوية من الأصل النباتى فى باطن الأرض بمعزل عن الهواء يتحول تدريجيًّا إلى مواد كربونية داكنة نسميها فحماً .

الصخور المتحولة هى فى الأصل نارية أو رسوبية ثم تعرضت لعوامل طبيعية معينة كحرارة الأرض وضغطها فأكسبتها هذه العوامل شكلاً

يختلف كثيراً عن شكلها الأصلى . وهذه المجموعة من الصخور هى أكثرها تبايناً وتعقيداً إذ أنه من الممكن أن يتحول أى نوع من الصخور إلى صخور متحولة تحت تأثير كل أو بعض العوامل الطبيعية السابق ذكرها . معنى هذا أن هناك صخورًا متحولة بعدد أنواع الصخور الرسوبية والنارية مجتمعة .

المجال المغناطيسى للأرض :

ولوجود صهير الحديد والنيكل فى باطن الأرض أهمية بالغة ، حيث إن النظريات الحديثة أثبتت أنه لولا وجود الحديد فى الحالة السائلة لانعدم مجال الأرض المغنطيسى ولتأثرت كل المظاهر الطبيعية للأرض ولترتب على ذلك اختلال فى علاقة الأرض بأخواتها الكواكب وقمرها وشمسها . . وقد كان الظن عند الأوائل أن المجال المغنطيسى للأرض هذا هو بسبب وجود مغنطيس هائل فى مركز الأرض من معدن المجناتيت (وهو أكسيد الحديد الممغنط) ولكن من المعروف أن أى مغناطيس يفقد مغنطته بالتسخين عند درجة حرارة عالية ، فما بالك بحرارة الأرض التى تبلغ فى مركزها حوالى ٤٢٠٠ درجة مئوية . والتى تكفى لانعدام هذه الخاصية المغناطيسية فى أى مغنطيس مهما كبر حجمه ، ولذلك ثبت فشل هذه النظرية واضطر العلماء إلى إجراء المزيد من البحث والتفكير ليعللوا وجود هذا المجال المغنطيسى حول الأرض . وقد توصلت الأبحاث إلى

أن المجال المغنطيسى للأرض هو مجال كهرومغنطيسى ، ومعنى هذا أنه ينشأ من وجود بعض التيارات الكهربية فى الأرض . . وهذه أيضاً ظاهرة طبيعية معروفة ، فلكل تيار كهربى تأثير كيميائى وتأثير مغناطيسى . . فإذا تمكنا من إثبات وجود بعض التيارات الكهربية فى الأرض كان من المؤكد أن يصحبها مجالها المغنطيسى . . فهل هناك تيارات كهربية فى الأرض أو مصادر لهذه التيارات ؟ ؟ هناك فعلاً أكثر من مصدر يمكن أن يولد تياراً كهربيا . . مثلاً هناك بعض المواد والمركبات الكيميائية فى باطن الأرض تتفاعل مع بعضها كيميائياً مثلها كمثل التفاعلات التى تتم فى البطارية الجافة فتولد بذلك تيارات كهربية ، كما أن اختلاف درجة الحرارة فى طرفى موصل جيد للحرارة يولد تياراً كهربياً بين طرفى هذا الموصل . . وهذه تجربة يمكن إجراؤها ببساطة إذا وضعنا أحد طرفى ساق حديدية أو نحاسية مثلاً فى الثلج من ناحية ، وسخنا الطرف الآخر وأوصلنا الطرفين بسلك فيه أميتر (جهاز لقياس التيارات الكهربية) فإنه يمكن رؤية حركة المؤشر فيه مما يدل على سريان تيار كهربى . . فى باطن الأرض موصل هائل وهو الحديد المصهور ودرجة حرارته فى المركز جهة الداخل أكثر بكثير من الأجزاء ناحية الخارج . . ومعنى هذا أن هناك اختلافاً فى درجات الحرارة بين أجزاء هذا الموصل . . وبهذا تولد بعض التيارات الكهربية وإن كانت ضعيفة إلا أنها تقوى بتجمعها مع بعضها بعضاً خلال حركة تيارات الحمل فى

هذا الصهير ودوران الأرض حول نفسها مكونة لتيار كهربى رئيسى فى مركز الأرض له مجال المغنطيسى حولها . .

هذه النظرية الحديثة فسرت وجود المجال المغنطيسى خارج الأرض بما يحدث فى باطنها. وشبه العالم والتر الساسر العملية كلها بعمل الدينامو أو المولد الكهربى المعروف ، وسميت نظريته «الأرض كالدينامو» . كلنا نعلم أن القطبين المغنطيسيين للأرض ليسا هما القطبين الجغرافيين . . فالقطب المغنطيسى يتغير مكانه بتغير الوقت وتغير شدة التيارات الكهربية الداخلية . . ويقع القطب الشمالى فى الوقت الحاضر شمال كندا عند حوالى خط عرض ٧٥ درجة والجنوبى عند حوالى خط عرض ٦٨ درجة جنوب استراليا . والمجال المغنطيسى للأرض نفسه يتغير فى شدته بتغير الوقت أيضاً ، وهناك تغييرات سنوية وأخرى يومية ، ويؤثر على ذلك علاقة الأرض بالشمس والقمر .

وتحيط بالأرض أحزمة من الإشعاعات المختلفة فى داخل مجالها المغنطيسى تسمى أحزمة ، فان آلن نسبه إلى عالم الفزيقا الأمريكى الشهير فان آلن . ولقد كان لاستعمال الأقمار الصناعية فى الأبحاث الحديثة بالغ الأثر فى معرفة طبيعة وحجم هذه الأحزمة وعددها . وثبت أنها تتكون من حزامين فقط يبعد أولهما حوالى ٦٠٠ ميل عن سطح الأرض وينتهى ثانيهما فجأة بعد حوالى ٤٠,٠٠٠ ميل . وتمنع هذه الأحزمة نفاذ الأشعة الكونية التى تنبعث من الفضاء فتحمى بذلك الحياة . والأشعة الكونية

هذه عبارة عن خليط هائل من الجسيمات الأولية كالبروتونات والإلكترونات وغيرها تتناثر من الشمس والنجوم الأخرى ، وهى نوعان ، أشعة كونية ضعيفة وهذه تنعكس بوساطة هذه الأحزمة إلى الفضاء مرة أخرى ، أما الأشعة الكونية القوية فقد تنفذ إلى السطح وتؤثر على مواد هذا السطح فتغير من لونها أو طبيعتها ، ولكن بعد أن تفقد الكثير من قوتها التى تمتص فى أثناء المرور خلال هذه الأحزمة. وأحياناً ما تتغلب بعض الجسيمات الأولية وتنفذ خلال هذه الأحزمة ويحدث هذا دائماً بالقرب من القطبين المغنطيسيين وتختلط الجسيمات بجزيئات الهواء الجوى مكونة ما يسمى بالأورورا المضيئة أو الشفق القطبى الذى يبدو فى الفضاء كنستائر هفهافة متوهجة وملونة أحياناً بالألوان الحمراء والخضراء . . وقد شبه الإغريق القدماء هذه الظاهرة بالراقصات المرحات .

حرارة الأرض :

من الملاحظات المباشرة عند الحفر فى المناجم والآبار أن حرارة الأرض تزداد بازدياد العمق وتقدر هذه الزيادة بحوالى درجة مئوية كل ٣٠ متراً تقريباً . وحرارة الأرض هذه وإن كانت تبدو بصفة عامة متجانسة إلا أنها فى الواقع ليست كذلك بدليل أن هناك أماكن تتفاوت فيها درجات الحرارة ، فبعضها أكثر حرارة وبعضها الآخر أقل . . وهذا معناه أن مصدر هذه الحرارة ليس فقط حرارة الأرض الأصلية منذ

نشأتها كما كان الاعتقاد سائداً من قبل ، بل هناك مصادر أخرى متعددة ومتنوعة مثل التفاعلات الكيميائية الطاردة للحرارة التى تتواجد باستمرار بين مواد الأرض وبعضها ، وكذلك نواتج النشاط الإشعاعى للمواد المشعة ، ويعتبر العلماء أن هذا المصدر الأخير هو أهمها على الإطلاق . . وهو يقل باستمرار حيث يقل تركيز المواد المشعة لتحولها إلى نظائر أو مواد أخرى غير مشعة ، وتقدر كمية الحرارة التى كانت هذه المواد تمد بها الأرض فى بدء تكوينها بحوالى ثلاثة أضعاف ونصف ما تمدها به حالياً . ويحدث أن تتركز هذه المواد المشعة فى منطقة ما بالغلاف الأرضى مثلاً ، فتمد الصخور المحيطة بها بكمية من الحرارة قد ترفع من درجة حرارتها إلى حوالى ١٢٠٠ درجة مئوية ، وبمرور الوقت الذى يقدر بأقل من بليون سنة تنصهر هذه الصخور وتتحول إلى الحالة السائلة فى مناطق محددة تحت ضغوط مختلفة وتسمى بجيوب الماجما . ثم تتحرك كطبيعة كل السوائل ولا تلبث أن تجد طريقها إلى السطح خلال الشقوق . ونقاط الضغط التى فى القشرة الأرضية فتندفع منها إلى الخارج أحياناً بشدة ونسميها البراكين .

من المعروف أن الحرارة تنتقل فى المواد بطرق ثلاث ، هى التوصيل أو الإشعاع أو الحمل وهو ما يحدث فى الأرض أيضاً فتنتقل الحرارة بالتوصيل من داخل الأرض إلى سطحها ، وتفقد الأرض حرارة سطحها إلى الجو بوساطة الإشعاع . . ولهذا الإشعاع من السطح أهمية أخرى بالغة

بالنسبة لنا ، فلو تصورنا أن الأرض معزولة ، أى أنها لا تفقد شيئاً من حرارتها ، كان معنى هذا أن حرارة الأرض ستزداد باستمرار لوجود المصادر المولدة للحرارة ولارتفعت تبعاً لذلك درجة حرارتها ارتفاعاً قد يؤثر على وجود الحياة عليها . . ولكننا نرى أن الحرارة على السطح مستقرة وثابتة نوعاً ما . وهذا معناه أن كمية الحرارة التى تصل إلى السطح متساوية لكمية الحرارة التى يفقدها ، فلا يزداد سخونة أو برودة . وهذا من ضمن العوامل التى ساعدت على ازدهار الحياة على هذا الكوكب .

«وجعلنا من الماء كل شىء حى»

صدق الله العظيم

نشأة الحياة على الأرض :

كانت مياه المحيطات القديمة تختلف فى طبيعتها ومكوناتها عما هى عليه الآن . إذ كانت غنية ببعض الجزيئات الكيميائية العضوية ، ولذلك سماها العلماء بالحساء الكيميائى . . وهى مركبات تحتوى على عناصر الكربون والأيدروجين تحولت هذه الجزيئات العضوية إلى أحماض أمينية بوساطة الطاقة التى كانت تنطلق حينئذ فى أثناء البرق، وهطول السيول والأمطار على الأرض ، وتحولت هذه الأحماض الأمينية بدورها إلى البروتينات التى هى عماد تكوين بروتوبلازم الخلية الحية . وقد قام كثير من العلماء بتقليد هذه العملية وتخليق البروتين الصناعى فى المعمل ، وفعلا تمكن كثير منهم من الحصول على بروتينات لها بعض الصفات الحيوية من بعض المواد العضوية الأولية كالميثان ، مخلوطاً بالماء وبعض المواد الأخرى ، وأصبحت العملية ممكنة فى تقديرهم ولا تحتاج إلا إلى عامل هام يجب توافره ، وهو الوقت . . وقد أثبتت سجلات الحفريات فى الصخور أن عامل الوقت كان متوفراً وسمح بتوالى الأحداث بتسلسلها إلى أن

ظهرت بوادر الحياة وتطورت إلى صورتها الحالية .

بدت الأرض فى أول الأمر عقيمة أشبه ما تكون بسطح القمر الآن تمطرها السماء بوابل من النيازك المستمرة وينفذ إليها الإشعاع الكونى ليدمر أى محاولة للحياة عليها . . ومع ذلك يعتقد العلماء أنه بمجرد أن تكونت الأرض وأخذت فى البرودة تواجدت عليها ظروف البيئة الصالحة للحياة ، فلو استمرت الأرض كما نشأت ككتلة ملتهبة لما تميزت موادها المعروفة ومركباتها الكيميائية غير العضوية ، ولما سمحت الحرارة للبروتوبلازم الحى بالوجود .

وهنا تتضارب الأقوال ، فبعضهم يؤكد وجود جزيئات من مركبات عضوية منذ نشأتها بجانب المركبات غير العضوية ، وبعض آخر ينفى هذا نفياً تاماً ، ويعتقد أن هذه الجزيئات العضوية لم تظهر إلا بعد تكوين الغلاف الجوى والمحيط البدائيين ، وبعد أن بردت القشرة الأرضية تماماً أصبحت درجة الحرارة مناسبة ، أى منذ حوالى ٣,٦ بلايين سنة فقط كما يعتقد بعضهم أنه يتحتم وجود مصدر طاقة لتخليق هذه الجزيئات العضوية المركبة وتعقيدها . وفى كلتا الحالتين فإن الحياة بمفهومها لدينا لم تظهر إلا بعد ذلك ، وهذا يرجع إلى سببين هامين ، أولها عدم وجود غاز الأكسيجين الجزيئى اللازم لعمليات التنفس والأكسدة فى الخلايا الحية سواء كانت حيوانية أو نباتية ، وثانيهما هو تعرض سطح الأشعة فوق البنفسجية الضارة المهلكة للبروتوبلازم الحى .

وهذا العامل الثانى هو السبب فى ان هذه الجزيئات العضوية فى بدء تكوينها كانت مختبئة إما فى أعماق المحيطات أو مدفونة تحت الرواسب الصخرية الآخذة فى التكوين حتى تحمى نفسها من هذه الأشعة الضارة . ولم تظهر الخلايا الحية على سطح الأرض إلا بعد أن وصلت كميات الأكسيجين الجزيئى فى الجو إلى تركيز معين يكفى لعمليتين فى منتهى الأهمية بالنسبة للكائنات الحية ، أولاهما عملية التنفس وثانيتهما حماية هذه الكائنات من الأشعة فوق البنفسجية الضارة بها . . فغاز الأكسيجين يمتص هذه الأشعة المهلكة ويتحول إلى غاز الأوزون الموجود حالياً فى طبقات الجو العليا مكوناً لما يشبه الغلالة الواقية لنا . . فهذا الغاز الذى نسميه غاز الأكسيجين لا تنحصر أهميته فى عملية تنفسنا فحسب ، بل فى حمايتنا من الأشعة فوق البنفسجية التى لو استمرت فى النفاد لاستمرت الأرض عقيمة كما بدأت . وفى البدء تحكم غياب الأكسيجين فى نوعية الكائنات الحية الأولى واقتصرت على الكائنات التى تتنفس تنفساً لا هوائياً كوسيلة للحصول على الطاقة كما يحدث حالياً فى بعض أنواع البكتريا . وقد ثبت أنه فى العمليات الحيوية الأولية التى قامت بها هذه الكائنات الأولية تصاعد غاز الأكسيجين كفضلات عملية حيوية شبيهة بعملية التمثيل الكربونى التى نعرفها . وعلى مدى بليون سنة تقريباً تمكنت هذه الكائنات (وقد أطلق عليها العلماء اسم الطحالب الخضراء الزرقاء) من تزويد الغلاف الجوى وكذلك مياه المحيطات بكميات هائلة من

الأكسيجين الجزيئي مما أتاح الفرصة لكائنات أخرى تستعمل جزيء الأكسيجين هذا فى الحصول على الطاقة بوساطة عملية التنفس . ويعتبر هذا أهم حدث على وجه البسيطة . . ومنذ ذلك الحين يمكننا بتسلسل جميل أن نستعرض من خلال الحفريات وأنواع الصخور كل ظروف الحياة وتطورها والبيئات المختلفة التى تتابعت على الأرض بوضوح حتى يومنا هذا ، سواء كان ذلك فى مياه المحيطات أو على اليابسة .

الحفريات :

الحفريات ويطلق عليها أحياناً كلمة الأحافير ، هى بقايا الكائنات الحية القديمة والمحفوظة إلى يومنا هذا فى الصخور الرسوبية . وتعتبر الحفريات بمثابة سجل هام لتاريخ الأرض لا يقل أهمية عن سجل الصخور الذى سبق أن ذكرناه ، وبالذات لما مر على سطحها من تغيرات سواء فى مظاهر الحياة نفسها وتطورها أو فى البيئات المختلفة التى تتابعت على مر العصور والحقب الجيولوجية .

والحفريات أنواع كثيرة ، ولعل أهمها وأعمها هى التى تشكل بقايا وآثار الهياكل العظيمة أو الأجزاء الصلبة نوعاً للكائنات الحية القديمة ، أما الأجزاء الرخوة فهذه نادراً ما تحفظ فى الصخور إلا فى حالات خاصة جداً إذا ما تعرضت لعوامل هى أشبه ما تكون بالطرق التى يتبعها الإنسان حالياً فى حفظ اللحوم كالتجفيف أو التجميد بالبرودة . . أما الأجزاء

الصلبة مثل العظام والغضاريف والأسنان والقشور والصدفات فهذه أكثر تحملاً لعوامل الطبيعة وتحفظ فى الصخور . وقد يبدو هذا سهلاً إلا أن هناك أيضاً عدة عوامل يجب توافرها وإلا تعرضت هذه البقايا للتلاشى مهما تكن صلابتها . وتوجد هذه الحفريات فى الصخور الرسوبية ونادراً ما تتواجد فى الصخور المتحولة التى كانت من أصل رسوبى ولا توجد بالمرة فى الصخور النارية .

ولقد كانت هذه الحفريات من أهم ما ساعد العلماء على معرفة أعمار صخور الأرض النسبية كما ذكرنا من قبل . . وأطول الحفريات عمراً هى تلك التى وجدت فى صخور قدر عمرها بوساطة المواد المشعة بحوالى ٣,٤ بلايين سنة . وكانت الخلايا بدائية جداً يصعب معها حتى معرفة تركيبها الداخلى وأنشطتها البيوكيميائية بصورة واضحة ، ثم أخذت فى التطور البطىء إلى أن وصلت بعد أكثر من نصف بليون سنة إلى ما سميناه الطحالب الخضراء الزرقاء .

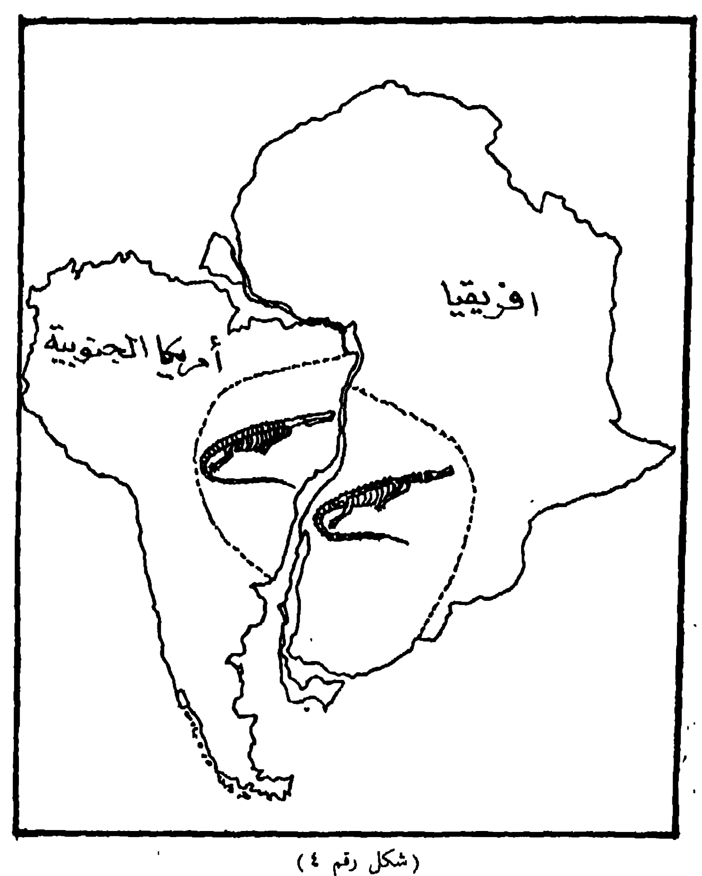
يشير وجود حفرية ما على تواجد ظروف بيئية معينة . . فمثلاً حفريات الأسماك والقواقع دليل على وجود بيئة مائية . . ولكن كل كائن له ظروف بيئية خاصة به سواء فى الماء أو على اليابسة ، تلائم تكوينه ووظائفه الحيوية وأنشطته البيوكيميائية ، ولذلك نجد أنه يمكننا التعرف من خلال الحفريات القديمة على مختلف درجات الحرارة والرطوبة ونسب الأمطار وظروف البيئات المختلفة عامة التى تتابعت على الأرض خلال

العصور والتى أتاحت للحياة أن تستمر.

وسجل الحفريات هذا ليس كاملاً ، فمازال العلماء بالرغم من توصلهم إلى ما سموه بسلم أو شجرة الحياة يتابعون تطورها منذ ظهور أول خلية على الأرض إلى ظهور الحيوانات الثديية الراقية ، إلا أن هناك الكثير من الحلقات المفقودة التى تفترضها نظرية التطور. ومازال هناك الكثير أمام العلماء لإماطة اللثام عنه.

اليابسة على الأرض :

تظهر لنا اليابسة على الأرض على هيئة قارات ساد الاعتقاد قديماً أنها كانت ولاتزال ثابتة منذ نشأتها الأولى بشكلها الحالى.. وتبدو هذه القارات وكأن حدودها تنتهى عند ملامستها لمياه المحيطات ، ولكن هذا غير صحيح ، إذ أنها تمتد تحت سطح المياه الضحلة مكونة حافة قارية قد تصل فى بعض الأحيان إلى ما يقرب من مائة ميل داخل البحر. وقد أثار دائماً تشابه الشاطئ الشرقى المحدب لأمريكا الجنوبية والشاطئ الغربى لأفريقيا وتكاملهما انتباه الكثير من الدارسين. كما أثار الكثير من التساؤلات. وكان العالم الإيطالى أنطونيو بليجرينى هو أول من أشار فى عام ١٨٥٩ لاحتمال كون أمريكا الجنوبية وأفريقيا فى الأصل قارة واحدة انشقت إلى جزءين تباعدا بمرور الزمن ، وعضد فكرته هذه وجود نفس الحفريات فى رواسب الفحم فى القارتين كما نرى فى (شكل ٤). وبعد



(شكل رقم ٤)

يبين احتمال كون أمريكا الجنوبية وأفريقيا فى الأصل قارة واحدة

إذ توجد نفس الحفريات فى رواسب الفحم فى القارتين

أعوام قليلة أعلن الجيولوجى النمساوى إدوارد سويس أنه ليس الأمر مقصوراً على أفريقيا وأمريكا الجنوبية فقط ، بل إنه يعتقد أن الأجزاء الجنوبية من اليابسة عموماً بما فيها من قارات أفريقيا وأمريكا الجنوبية والقطب الجنوبى والهند وأستراليا كانت فيما بينها كتلة يابسة واحدة هائلة تصدعت ثم تفرقت مكونة لعدة قارات (شكل رقم ٥) . وفى عام ١٩٠٨ أعلن فرانك تايلور الأمريكى عدم اقتناعه بفكرة ثبوت القارات فى مكانها وتحدى بجرأة النظريات القديمة كلها ، وقال إن القارات تتحرك ببطء وتضغط بعضها على بعض ، وهذا هو السبب الرئيسى فى تكوين سلاسل

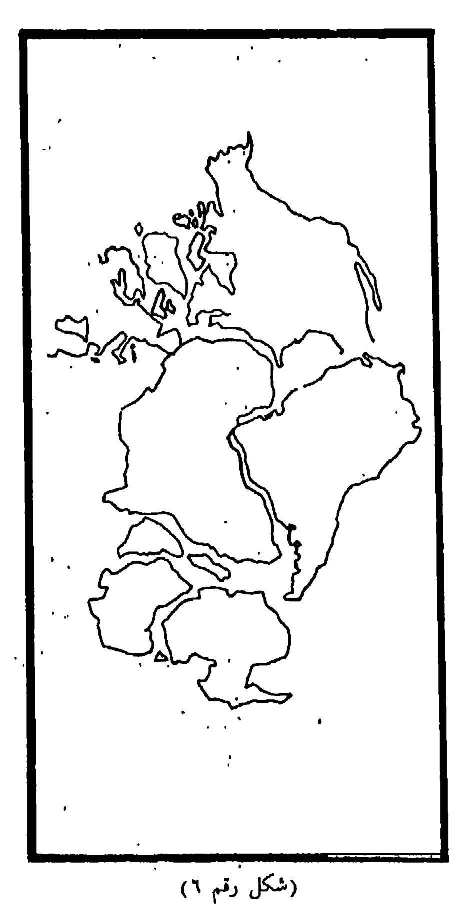


(شكل رقم ٥)

رسم تخطيطى لما كان من الممكن أن تكون عليه الأجزاء الجنوبية من اليابسة

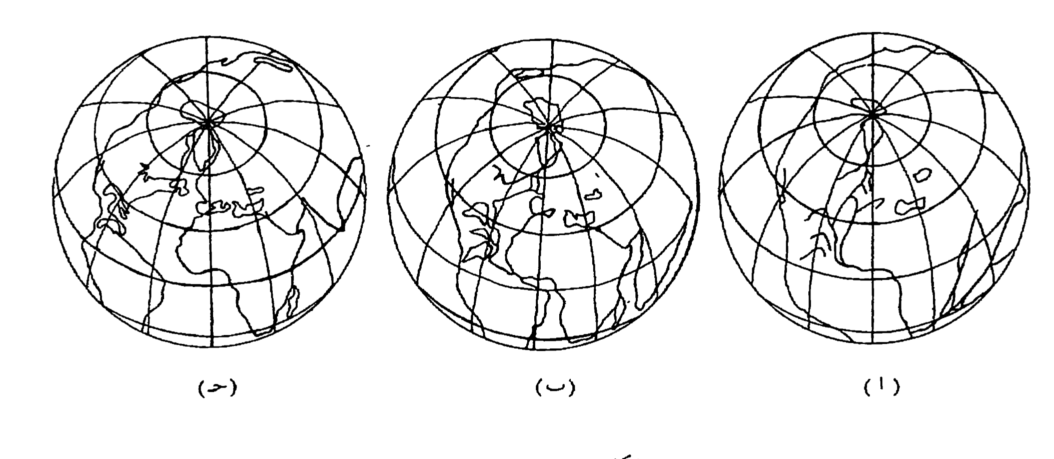
الجبال الضخمة مثل جبال الهيمالايا والألب . . وفى عام ١٩١٥ جاء الفريد فيجنر الألمانى بنظرية مثيرة شبه متكامله سماها نظرية زحزحة القارات ، وكان الاعتراض عليها شديداً فى أول الأمر ، حتى إنه فى اجتماع عام فى الجمعية العامة لجيولوجيى البترول فى عام ١٩٢٦ وفى وجود فيجنر نفسه كان الاتجاه لرفض النظرية رفضاً باتاً هو السائد . . وكان من الصعب فى ذلك الوقت تصور القوة الهائلة التى تمكن القارات من هذه الحركة حتى فيجنر نفسه كان من الصعب عليه إثباتها بالأدلة العلمية القاطعة وكثرت الأسئلة التى لا إجابة عنها . . إلا أنه بمرور الوقت وبالدراسة العميقة بدأ كثير من العلماء فى وضع النقاط فوق الحروف . واتضحت نوعاً وبالتدرج صحة هذه النظرية ومنذ ذلك الوقت إلى وقتنا هذا تتوالى الأبحاث المؤيدة لهذا الاتجاه والتى تطورت تطوراً عجيباً . . فلقد أجاب أرثر هولمز مثلاً فى أواخر العشرينات على السؤال الهام الخاص بمصدر الطاقة التى مكنت القارات من هذه الحركة عندما أثبت أن كميات هائلة من الطاقة الحرارية تنتج من المواد المشعة الموجودة فى الأرض وأنه من الممكن جداً وبكل سهولة أن تسبب فروق درجات الحرارة بين الكتل الصخرية ظهور ما يسمى بتيارات الحمل التى تحمل المواد الساخنة إلى أعلى ، وتكون بذلك هى القوة الدافعة التى تؤثر رأسيًّا على القشرة وتسبب حركة القارات هذه . . تجمعت بعد ذلك البراهين التى تؤيد هذه النظرية ، ويمكننا القول بأنها ثبتت ثبوتاً قاطعاً فى السنوات القليلة

الماضية . . فهناك عدة براهين علمية منها البراهين الجغرافية والجيولوجية كمطابقة شواطئ أفريقيا وأمريكا كما بينا فى الشكل رقم ٤ ، كذلك تتطابق حواف أمريكا وأوربا . . وإذا ما تجمعت القارات كما هو مبين فى (الشكل رقم ٦) نجد أن هناك استمراراً لبعض سلاسل الجبال والتركيبات الجيولوجية فى بعض المناطق مثل ما بين اسكندينافيا وأمريكا الشمالية وغيرهما . . وبدراسة الحياة القديمة وجد العلماء أن نفس الحفريات الموجودة فى غرب أفريقيا سواء كانت نباتية أو حيوانية موجودة فى شرق أمريكا الجنوبية . وكذلك تلك التى فى الجزر البريطانية ونيوانجلاند فى أمريكا الشمالية ، وقبل ذلك كان الجيولوجيون يعزون تشابه الحفريات هذا إلى وجود كوبرى برى بين القارات فى وقت ما سموه بالقارات المفقودة . (والشكل رقم ٧) يلخص لنا ببساطة الفكرة العامة عن انفصال وزحزحة القارات . . ولعل الدراسات الحديثة للصفات المغنطيسية لصخور قاع المحيطات وتوزيعها هى من أهم العوامل التى أقنعت العلماء بنظرية زحزحة القارات هذه . فلقد ثبت أنه فى منتصف المحيطات تقريباً يوجد ما يسمى بالسياج الوسطى يمكن تشبيهه بسلسلة من الجبال المتصلة والتى تسير فى الاتجاه المبين فى (شكل ٨) ، ويتفرع هذا السياج الوسطى مقسماً سطح الأرض لعدة أقسام أو ألواح أو مسطحات . . ويلاحظ اتجاه فرع منه إلى البحر الأحمر ، وتشير الدراسات التى تمت حديثاً بأن فرعاً آخر منه موجود فى البحر الأبيض المتوسط . ويبدا سطح الأرض



(شكل رقم ٦)

هكذا تتشابه حواف القارات بحيث يمكن مطابقتها ببعضها إلى حد كبير

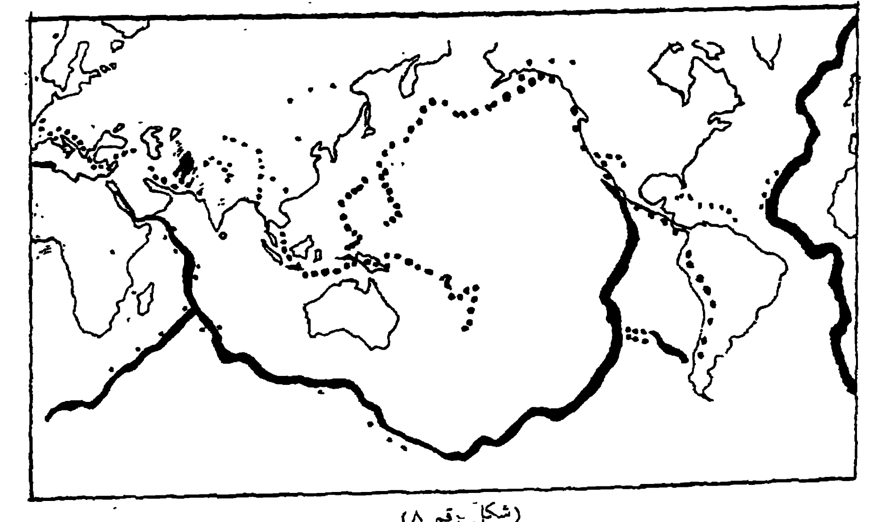


(شكل رقم ٧ ا ، ب ، حـ)

شكل مبسط لتوضيح فكرة انشقاق وزحزحة القارات

للعلماء وكأنه يتكون من عدة ألواح مسطحة صلبة متماسكة ، سبعة ألواح منها كبيرة وحوالى ٢٠ مسطحاً صغيراً يفصلها عن بعضها بعضاً ، هذا السياج الوسطى فى قاع المحيط ، وتبدو هذه الألواح كلها وكأنها طافية تتحرك فوق طبقة أكثر منها ليونة . ولنأخذ مثلاً هذا السياج ، ما هو إلا مراكز النشاط الرأسى الذى يأتى بالمواد الجديدة الساخنة من أسفل القشرة ومن غلاف الأرض العلوى فى صورة أنشطة بركانية إلى السطح حيث تتراكم هذه المواد مكونة سلاسل من الجبال تضغط على الجانبين مسببة لعمليات تباعد بين القارات أو زحزحتها ومسببة أيضاً لبعض الأنشطة الزلزالية فى مناطق معينة (شكل رقم ٨) نتيجة لضغط واحتكاك هذه المسطحات ببعضها بعضاً . وهذا هو فى الواقع التعريف العلمى الحديث للزلزال . . وقد أوضحت لنا هذه النظرية الحديثة لماذا تكثر الزلازل فى المناطق التى كانت معروفة لنا قبلا باسم الأحزمة أو الأشرطة الزلزالية ولم يكن لوجودها تعليل علمى مقنع .

ولعل أوضح مثال على سطح الأرض يساعدنا على التعرف والتفهم لنظرية زحزحة القارات هذه وحركة المسطحات لهو ما يحدث الآن ويثير انتباه المتخصصين من أنحاء العالم بين مسطحات المنطقة التى نعيش فيها ، مسطحات شبه الجزيرة العربية ، أو المسطح العربى والمسطح الأفريقى بدآ فى الابتعاد عن بعضهما منذ حوالى ١٠٠ مليون سنة فى العصر الكريتارى حيث كان يغطى الجزء الشمالى الشرقى بحر قليل العمق ، ويبدو البحر



(شكل رقم ٨)

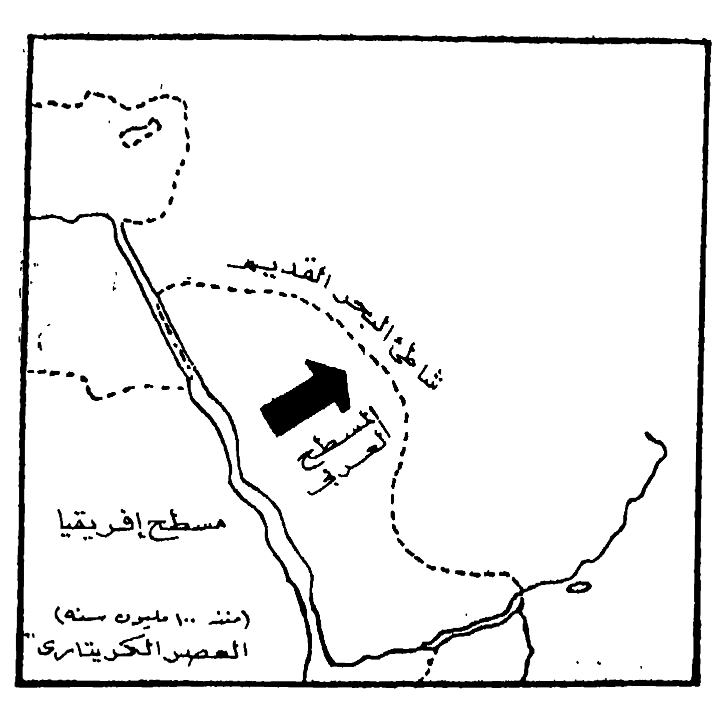
رسم تخطيطى لتوضيح مسار السياج الوسطى فى المحيطات والبحار وأماكن الأنشطة الزلزالية على سطح الأرض . . .

ـــــ السياج الوسطى .

...... مناطق الأنشطة الزلزالية

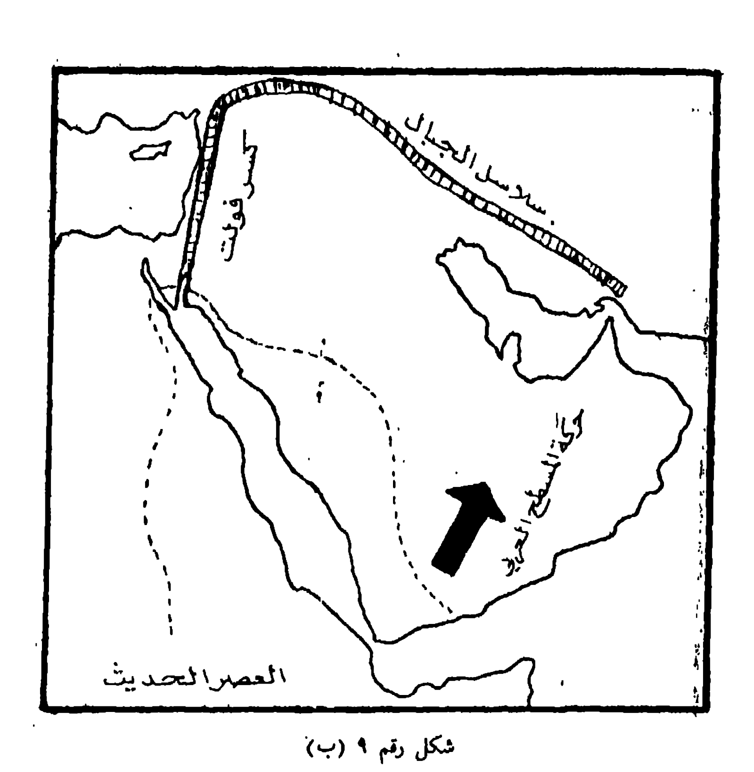
الأحمر كشق فى اليابسة كما هو فى الشكل رقم ٩ (ا) ثم انحسر البحر وازداد اتساع البحر الأحمر وبدأ السياج المتوسط فى منتصف البحر الأحمر فى إحضار المادة الصخرية من الغلاف إلى السطح وبتراكمها على الجانبين سبب زحزحة المسطحين العربى والإفريقى فى اتجاهين متضادين ، والشكل يوضح الكسور وسلاسل الجبال الناتجة من هذه الحركة شكل ٩ (ب) ، هناك أيضاً حركة مماثلة من الشمال خلال نشاط سياج البحر الأبيض فيبعد أوراسيا عن أفريقيا .

هذه النظرية الحديثة عن ألواح القشرة ومسطحاتها وحركاتها أتاحت لنا تفهماً جديداً لكثير من الظواهر الطبيعية والجيولوجية والجغرافية التى لم تكن واضحة أو مقنعة من قبل .



شكل رقم ٩ (١)

البحر الأحمر كشق فى اليابسة



شكل رقم ٩ (ب)

يوضح الكسور وسلاسل الجبال نتيجة زحزحة المسطحين العربي والأفريقي في اتجاهين متضادين

الأرض ومواردها ومستقبل الإنسان عليها

لم تكن الحياة سهلة بالنسبة للإنسان على الأرض ، فلقد قاوم الكثير من الظواهر الطبيعية الخطرة واستغل الكثير من ثرواتها ومواردها حتى تمكن بذكائه الخارق من البقاء على سطحها . . ولا يزال الإنسان إلى الآن يستغل هذه الموارد الطبيعية بجنون رهيب ، ناسياً أو متناسياً أنها قد تنضب فيقف عاجزاً عن الاستمرار، وقد يؤدى هذا إلى انقراضه كجنس أو ككائن حي على هذا الكوكب . ألا يجدر بنا إذن أن نقف قليلاً ونحسب حساب المستقبل، أم نستمر كما نحن بما عرف عنا من تواكل ؟ فالإنسان بطبعه لا يزعجه ولا يستجيب بحماس إلا لما يهدد حاضره أو مستقبله القريب ، أما تجاه ما سوف يهدد الأجيال التالية فنجده دائماً متواكلاً . . والإنسان أيضاً بطبعه يميل إلى تبسيط الأمور لنفسه وعدم تجسيمها ولا يقبل المبالغة فى تصور الخطر الذى سيحدق به فيؤجل التفكير فيه ولا يعطيه الأولوية فى تخطيطه ، شاعراً فى قرارة نفسه أنه حتماً سيتغلب على هذا الخطر فى حينه ، وهذا ناتج عن خبرته السابقة إذ تمكن فعلاً بذكائه الحاد من التغلب فى الماضى على الكثير من الأخطار التى هددته وكانت له دائماً القدرة على ملاءمة البيئة التى يعيش فيها . .

وهناك الكثير من الأخطار التى تهدد الأرض ككوكب ، وأخطار أخرى تهدد الإنسان ككائن حى . . ولنأخذ مثلاً لهذه الأخطار الأخيرة مما نتحدث عنه هذه الأيام ، وهو تلوث البيئة التى نعيش فيها بسبب تطور تكنولوجيا العصر . . هذا التلوث الذى قد يقضى علينا تماماً بالتدريج وببطء شديد . . لكن بالرغم من الاستعراض الجنونى الذى تتبارى فيه الدول الكبرى ، إلا أنه إذا ما أحس الإنسان فعلاً بمضار هذا التلوث وظهرت نتائجه عليه بوضوح ، سنجد أنه سيشرع حتماً فى التقليل منها فيتفادى بذلك خطرها ويتغلب عليها . . لكن هناك خطراً أكبر وهو يدور حول مواردنا على الأرض . . خطراً موازياً ومقروناً بهذا النمو السكانى الرهيب الذى أطلقنا عليه بحق صفة الانفجار ، والذى يأتى على خيرات الأرض بأكملها مهما يكن الرصيد . . فى عام ١٦٧٠ كان عدد سكان الأرض حوالى ٦٠٠ مليون فرد زاد فى مائة عام إلى حوالى ٨٠٠ مليون أى بواقع ٣٣ ٪ وما بين ١٧٧٠ و١٨٧٠ أى فى المائة العام التالية ، تضاعف عدد السكان وأصبحنا حوالى ١,٤ بليون نسمة .

وفى المائة العام الأخيرة أصبحنا ٣,٦ بلايين نسمة أى أكثر من الضعف ، وإذا استمرت نسبة الزيادة بمعدلها الحالى وهو حوالى ٢ ٪ فى السنة الواحدة فسيتضاعف عددنا بعد حوالى ٣٠ سنة وسنكون عشرة أضعاف فى المائة السنة القادمة ، أى سنكون حوالى ٣٦ بليون نسمة فى عام ٢٠٧٠ . . . فهل لدينا من الوعى ما يمكننا به إدراك هذا الخطر؟

وهل توقفنا مثلاً لتقويم وتقدير ثرواتنا الأرضية بحيث يمكننا القول إنه لدينا أوليس لدينا هذا أو ذاك ؟ ؟ وهل فكرنا فى تنظيم استغلال واستهلاك هذه الموارد بحيث تسمح لنا بالاستمرار على الأرض ؟ ؟ هل نعرف مثلاً أننا قد أحرقنا فى الخمسين السنة الماضية حوالى ٢٠ ٪ من مخزون بترول العالم الذى تكون فى الأرض بعد حوالى ٣٠٠ مليون سنة من الأنشطة الجيولوجية . . وحولنا فى الخمسة الآلاف السنة الأخيرة نصف التربة الصالحة للزراعة لأغراض أخرى . . ونلتهم السمك من البحار بنفس السرعة التى يتوالد بها تقريباً . وصممنا هندسياً وعلمياً من الأسلحة ما يقضى علينا تماماً كجنس بشرى . . والسؤال المهم الآن هل سيمكننا بثرواتنا الحالية المضى فى هذا الطريق الجنونى من التقدم وهل نغامر على اعتبار أن المزيد منها موجود وربما لا يكون كذلك ؟ أو نتوقف قليلاً ونبدأ فى وضع الحدود . . ها نحن الآن فى مفترق الطرق . . وعلينا أولاً أن نجمع بمنتهى السرعة وبأمانة تامة المعلومات التى تتيح لنا التنبؤ السليم بالمستقبل السليم . . وعلى جيل هذه الأيام أن يضع القرار.

غلاف الأرض المائى

إن المقصود بغلاف الأرض المائى هو هذا الغلاف المتقطع الذى يبدو لنا جزء منه على السطح مكوناً البحار والمحيطات والأنهار والجداول والبحيرات ، والجزء الآخر يجرى فى باطن الأرض ويعرف بالمياه الجوفية التى تغذى الينابيع والعيون والآبار ، ولقد كان الإعتقاد السائد قديماً ، أن المياه الجوفية هذه لا تغذى الينابيع والآبار فحسب بل هى أيضاً مصدر المياه السطحية الجارية ، وأن الأنهار تستمد مياهها من مستودعات هائلة فى باطن الأرض وتلقى بها فى المحيط ، وبما أن المحيط لا يمتلئ ولا يفيض ، فلابد أنه يعيد إلى هذه المستودعات ماءها خلال قنوات غير مرئية تحت سطح الأرض .

واستمر هذا الاعتقاد حتى القرن السابع عشر ، عندما عرف العلماء حقيقة دورة المياه من المحيط إلى الأنهار وكيف أنها لا تتم خلال باطن الأرض ، بل خلال الغلاف الجوى عندما تتبخر مياه المحيطات والبحار وتتصاعد إلى الجو ، مكونة السحب التى لا تلبث أن تسقط أمطاراً تغذى الأنهار ، وما تمتصه الأرض من هذه المياه ، ويغوص ويتسرب خلال الصخور إلى باطنها ، هو الذى يتجمع فى طبقات وتكوينات خاصة

مكوناً المياه الجوفية ، والمياه الجوفية كالمياة السطحية الجارية ، دائمة الحركة والإنتشار فى إتجاه البحر عادة ، إلا إذا كانت تراكيب المنطقة الجيولوجية أو مسامية الصخور ونفاذيتها تحول دون عملية الإنتشار هذه ، وتتدفق المياه الجوفية على سطح الأرض طبيعياً ، كما فى الينابيع أو بالحفر كما فى الآبار ، والعيون الطبيعية قد تكون باردة كعين الصيرة فى جبل المقطم شرق القاهرة ، أو حارة كما فى العين السخنة جنوب السويس وعين حمام فرعون فى غرب سيناء ، وقد تكون هذه العيون معدنية ، كعيون حلوان الكبريتية.

ويشمل أيضاً غلاف الأرض المائى الثلاجات ، وهى تجمعات الثلج الهش والجديد المتماسك سواء فى المناطق القطبية أو فى أعالى الجبال فى بعض أجزاء الكرة الأرضية ، وتضم أيضاً ما يعرف بحقول الجليد ، وهى مساحات ضخمة يغطيها الجليد ، وتخرج منها بحـار جليدية بطيئة تنحدر فى الأودية ، مثل الأنهار إلا أنها أبطأ منها كثيراً ، كما يختلف شكل واديها عن شكل أودية الأنهار.

غلاف الأرض الجوى أو درعنا الهوائى

يعتقد الكثير منا أن أهمية الهواء الجوى تنحصر فقط فى إحتوائه على غاز الأكسيجين اللازم لعملية التنفس فى الحيوان والنبات ، وعلى ثانى أكسيد الكربون اللازم لعملية التمثيل الضوئى فى النبات ، وهذا أعتقاد

خاطىء إذ أن الغلالة الرقيقة غير المرئية ولا الملموسة والتى تغلف الأرض تماماً من كل الجهات ، هى بمثابة الدرع الواقى لنا ، ومثلها فى ذلك مثل الصدفة التى تحيط بجسم الكائن البحرى اللين فتحميه من الأخطار ، ويتكون الغلاف الجوى من خليط من الغازات أهمها النتروجين (٧٨ ٪) والأكسيجين (٢١ ٪) والأرجون (٩, ٪) وثانى أكسيد الكربون (٠٣و ٪) وغازات خاملة أخرى كالكريبتون والنيون والهليليوم والزينون بنسب ضئيلة ، كذلك يحتوى الهواء الجوى على كميات متفاوتة من بخار الماء (١ — ٤ ٪) والكائنات الحية الدقيقة كالبكتيريا وحبوب اللقاح .

ويعتبر الغلاف الجوى جزءاً متمماً للكرة الأرضية ، فهو يتفاعل كيميائياً مع صخور قشرتها ، مكوناً لأكاسيد والكربونات وغيرها ، ويتفاعل ميكانيكياً معها أيضاً ، محدثاً تآكلها وتفتتها ، كما يقوم بدور فعال فى نقل فتات هذه الصخور من مكان إلى آخر ، كذلك إحتكاك الهواء بالمسطح المائى على الأرض ، هو السبب المباشر لإحداث الأمواج والتيارات المائية منها .

وللهواء الجوى الدور الرئيسى فى توزيع سقوط الأمطار والثلوج ، وواضح بالطبع أثر ذلك على البيئة والمناخ وعلى التغييرات التى تطرأ على شكل الأرض الخارجى عموماً ، كما يساعد الهواء الجوى على إنتشار بعض موجات أشعة الشمس بالإنعكاس على دقائق الغبار وجزئيات الغازات الموجودة فتصبح ضوءاً مرئياً .

والمعروف أن بعض موجات هذا الضوء المرئى ، القصيرة الطول نوعاً ، ذات اللون الأزرق هى أكثرها انتشاراً ، لذلك تبدو السماء للعين البشرية وهى مائلة إلى الزرقة ، أما فى الطبقات العليا حيث ينعدم الغلاف الجوى فتبدو السماء سوداء قاتمة ، وهكذا بدت لرواد الفضاء الذين كانوا يرون القمر ساطعاً والنجوم متلألئة طوال الأربع والعشرين ساعة .

وتتمثل أهمية الهواء الجوى بالنسبة لحياتنا على الأرض ، فى أنه يحجز عنا الجزء الضار من أشعة الشمس والأشعة الكونية المهلكة للخلايا الحية مثل الأشعة فوق البنفسجية وغيرها ، وفى الوقت نفسه يخزن الدفء الذى تمنحه إيانا الشمس ، كما تحترق فيه النيازك نتيجة لاحتكاكها بجزئياته ، وقد تتلاشى عن آخرها أو يقل حجمها فيحمينا بذلك من خطرها .

وتركيب الهواء ليس بالبساطة التى يبدو بها ، إذ يتكون من عدة طبقات متتالية أسفلها ، أو الطبقة الأولى التى يعيش فيها الإنسان وتسمى التروبوسفير أو الغلاف المتغير ، ويتراوح سمكها من ٨ إلى ١٦ كيلومتراً فوق سطح الأرض ، وتحتوى على التيارات والعوامل التى تؤثر وتشكّل معظم تقلبات الجو ، وفيها تسرى السحب التى ما هى إلا تجمعات من بخار الماء الذى قد يتكثف حول ذرات الغبار أو مكوناً لبلّورات مجهرية دقيقة من الثلج لا تلبث أن تسقط أمطاراً أو ثلوجاً .

وتنخفض درجة الحرارة كلما ارتفعنا فى الجو بنسبة حوالى ٦ درجات

مئوية كل كيلو متر تقريباً ، وكذلك ينخفض الضغط ويصل إلى نصف قيمته على سطح الأرض ، على ارتفاع خمسة كيلومترات تقريباً ، وتلى طبقة التروبوسفير هذه ، الطبقة الثانية وتسمى الستراتوسفير أو الغلاف الطبقى ، وتنعدم فيه السحب وتختفى ذرات الغبار.

وينقسم هذا الغلاف إلى قسمين : الأسفل منهما يحتوى على جزيئات كميائية معينة يعتقد بعضهم أن لها تأثيراً مباشراً على هطول الأمطار ، ويحتوى العلوى على طبقة الأوزون ، وهو كما ذكرنا من قبل جزىء يتكون بإتحاد ثلاث ذرات من الأكسيجين ، ويختلف فى ذلك عن جزىء الأكسيجين الجوى فى الطبقة الأولى ، الذى يتكون من ذرتين من الأكسيجين فقط والذى تحتاج إليه فى التنفس ، ويتم ذلك الاتحاد الكيميائى بامتصاص الأشعة فوق البنفسجية المهلكة للحياة ، والتى تنبعث من الشمس فيحمينا بذلك من خطرها . .

وفى نهاية هذه الطبقة تبدأ درجة الحرارة فى الإرتفاع تدريجياً حتى تصل إلى ١٠ درجات مئوية عند بدء الطبقة الثالثة التى تليها ، وتسمى الميزوسفير أو الغلاف المتوسط ، هذه الطبقة يصل إرتفاعها إلى حوالى ٨٠ كيلو متراً فوق سطح الأرض ، وتحترق فيها أغلب النيازك التى تخترق غلافنا الجوى ، يلى ذلك طبقة رابعة وتسمى الأيونوسفير أو الغلاف المتأين ، ويصل إرتفاعه إلى حوالى ٦٠٠ كيلو متر ، ويتكون من ذرات متأينة ، أى ذات شحنة كهربية لمكونات الهواء ، وتصل فيها درجة

الحرارة إلى حوالى ١٠٠٠ درجة مئوية ، وتعكس هذه الطبقة بعض الموجات القصيرة وموجات الراديو ، وبذلك تسمح للإنسان بالتقاطها عبر الأثير فى الإذاعات والتليفزيون وسبل الاتصال الأخرى .

يلى ذلك الطبقة الخامسة وتسمى الأكسوسفير أو الغلاف الخارجى وفيها تقل كثافة الهواء تدريجياً حتى ينعدم تماماً ، وتحتوى هذه الطبقة على الأحزمة المغنطيسية التى سبق أن أشرنا إليها والتى تمتد حوالى ٥٠,٠٠٠ كيلو متر تقريباً .

الكتاب القادم

السير الشعبية

فاروق خورشيد

رقم الإيداع	١٩٧٧/٥١٧٠
الترقيم الدولى	ISBN ٩٧٧ – ٢٤٧ – ١١٠ – ١

ق/٧٧/١٥١

طبع بمطابع دار المعارف (ج.م.ع.)